

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-130503

(43)Date of publication of application : 18.05.1990

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

(21)Application number : 63-283793

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH
CORP <NTT>

(22)Date of filing : 11.11.1988

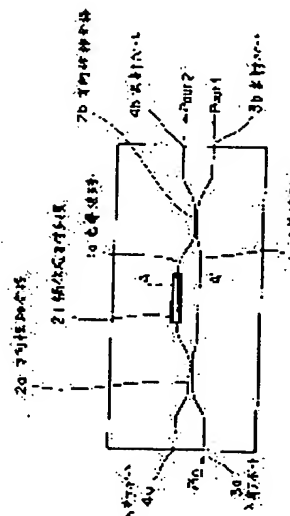
(72)Inventor : KAWACHI MASAO
TAKATO NORIO
JINGUJI KANAME
SUGITA AKIO

(54) INTEGRATED OPTICAL DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To accurately control the optical path length of the integrated optical device without varying the birefringent value of a optical waveguide by constituting the integrated optical device by providing a strain inducing film which changes a stress state by trimming in parallel thin-line stripes on the clad layer of an optical waveguide.

CONSTITUTION: The striped strain inducing film 21 is formed on the clad layer of one optical waveguide 1a which couples directional couplers 2a and 2b. This striped strain inducing film 21 consists of thin-line patterns which are parallel in the lengthwise direction on the optical waveguide 1a. Part of this striped strain inducing film 21 is so trimmed as to obtain desired optical path length and the phase shift or vaporization of part of the striped strain inducing film 21 is caused by, for example, laser beam irradiation to accurately adjust the optical path length of the integrated optical device. Consequently, only the optical path length is accurately adjusted almost without varying the birefringent value.



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-130503

⑬ Int.Cl.³

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)5月18日

G 02 B 6/12

D
F

7036-2H
7036-2H

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全10頁)

⑮ 発明の名称 集積光デバイス

⑯ 特 願 昭63-283793

⑰ 出 願 昭63(1988)11月11日

⑱ 発 明 者 河 内 正 夫 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑱ 発 明 者 高 戸 範 夫 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑱ 発 明 者 神 宮 寺 要 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑱ 発 明 者 杉 田 彰 夫 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

⑳ 代 理 人 弁理士 谷 義 一

明 細 書

イ ス。

1. 発明の名称

集積光デバイス

2. 特許請求の範囲

1) 基板と、

前記基板上に配置されたクラッド層および該クラッド層に埋設され、光伝搬作用をもつコア部を有する単一モード光導波路と、

前記クラッド層上の所定部分に配置され、トリミングにより前記コア部の光伝搬方向に作用する応力を非可逆的に変化させて、前記単一モード光導波路の光路長を微調し得る、コア部光伝搬方向に平行な複数の縦線からなる積状応力付与膜とを具備したことを特徴とする集積光デバイス。

2) 前記積状応力付与膜の各縦線幅が、前記クラッド層に埋設された前記コア部の深さよりも小さいことを特徴とする請求項1記載の集積光デバ

3) 前記単一モード光導波路が、SiO₂を主成分とする石英系光導波路であり、前記積状応力付与膜が、非品質シリコン膜であることを特徴とする請求項2記載の集積光デバイス。

(以下余白)

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、基板上に光導波路を配設した集積光デバイスに関するものである。さらに詳細には、光導波路の光路長を光波長程度の範囲で微調整することにより所望の光回路機能を正確に実現するように構成した集積光デバイスに関するものである。

〔従来の技術〕

平面基板上に形成された単一モード光導波路、特にシリコン基板上に形成された石英系単一モード光導波路は、例えばM.Takato et al.: "Silica-Based Single-Mode Waveguides on Silicon and Their Application to Guided-Wave Optical Interferometers", J. Lightwave Tech., vol. 6, pp1003-1010, 1988に記載されている。このような石英系単一モード光導波路は、そのコア部の断面の寸法を通常使用されている石英系単一モード光ファイバにあわせて5~10 μ m程度に設定するこ

程度の距離にわたって平行に配置することにより構成されている。2個の方向性結合器2a, 2bを連結する部分の導波路長は、それぞれL+ Δ LおよびLであり、長さが Δ Lだけ異なっている。

この光デバイスにおいて、入力ポート3aから入射した信号光の波長 λ を変化させていくと、

$$\Delta\lambda = \lambda^2 / (2n \cdot \Delta L) \quad (1)$$

(nは光導波路の屈折率: 1.45)

を周期として出力ポート3bおよび4bから交互に信号光を取り出せることが知られている。

第7図は、この周期性を示し、入力ポート3aに1.55 μ m帯の信号光Pinを入射した場合の出力ポート3bおよび4bからの出力光の波長特性を示すものである。ここで、破線は出力ポート3bからの出力光Pout1、実線は出力ポート4bからの出力光Pout2を示す。例えば、 $\Delta L=83\mu$ mの場合 $\Delta\lambda=0.01\mu$ mであり、 $\Delta\lambda$ だけ波長間隔の離れた2本の信号光 λ_1 および λ_2 を入力ポート3aから同時に入射させる場合を考えると、出力ポート3bおよび4bから2本の信号光を分離して取り出すこと

とができるので、光ファイバとの整合性に優れた実用的な集積光デバイスの実現手段として期待されている。

第6図(a)および(b)は、このような石英系単一モード光導波路を用いた従来の集積光デバイスの一例としての導波形マッハ・ツェンダ光干渉計の構成を説明するための、それぞれ、平面図およびそのAA'線に沿った断面を拡大して示す断面図である。

第6図(a), (b)において、1はシリコン基板である。1aおよび1bはシリコン基板1上に石英系ガラス材料により形成された石英系単一モード光導波路である。光導波路1a, 1bは2箇所互いに近接して方向性結合器2aおよび2bを構成し、その結合率は、いずれもほぼ50%になるよう設定されている。光導波路1a, 1bは、膜厚50 μ m程度のSiO₂系ガラスクラッド層5に埋設された断面寸法7 μ m×7 μ m程度のSiO₂-TiO₂系ガラスコア部からなり、方向性結合器2a, 2b部分は、2本の光導波路1a, 1bを間隔 d μ m程度に保ち、 $d=0.5\mu$ m

ができる、すなわち合分波器動作を得ることができる。実際には、波長 λ_1 , λ_2 をそれぞれ第7図の破線および実線のピーク位置に一致させるために、光路長差(n \cdot Δ L)を波長の1/10程度以下の精度で精密に設定する必要がある。しかし従来、光導波路製作上、波長の1/10以下の精度を達成することは著しく困難であった。これは、光導波路製作に用いるフォトリソグラフィ精度限界や、光導波路ガラスの微小な屈折率ゆらぎ等の避けられない原因によっていた。例えば、(n \cdot Δ L)の値が半波長相当分ずれると、波長 λ_1 , λ_2 の出力ポートが入れ替わってしまうほどであった。

〔発明が解決しようとする課題〕

したがって、従来、確かに第6図の構成で合分波器動作は得られるものの、第7図における波長 λ_1 , λ_2 の位置が再現性よく定まらず、波長多重伝送用光合分波器への応用上、致命的な欠点となっていた。上記の問題点は、マッハ・ツェンダ形光干渉計に限らず、多種の集積形光デバイスに

従来見られる問題点であり、従来の光集積デバイスが、実用的な光導波路の光路長調節手段を具備していないことに原因があった。

そこで本発明の目的は、上記の欠点を解決した集積光デバイスを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

このような目的を達成するために、本発明は、基板と、基板上に配置されたクラッド層およびクラッド層に埋設され、光伝搬作用をもつコア部を有する単一モード光導波路と、クラッド層上の所定部分に配置され、トリミングによりコア部の光伝搬方向に作用する応力を非可逆的に変化させて、単一モード光導波路の光路長を微調し得る、コア部光伝搬方向に平行な複数の細線からなる縞状応力付与膜とを具えたことを特徴とする。

【作用】

このような縞状応力付与膜の一部を、所望の光路長が得られるようにトリミングし、例えばレー

付与膜21は、光導波路1aの長手方向に平行な複数の細線パターンから構成されている。第1図における石英系単一モード光導波路1a, 1bは、シリコン基板1上に、火炎加水分解反応による石英系ガラス膜堆積技術と反応性イオンエッチングによるガラス膜微細加工技術との公知の組合わせにより形成したものであり、第6図に示した従来例と同一の組成・構造を有している。すなわち、SiO₂-TiO₂コア部の寸法は7μm×7μm程度、SiO₂クラッド層の厚さは50μm程度である。2個の50%方向性結合器2a, 2bを連結している2本の光導波路の長さはΔL=83μmだけ異なっている。

本実施例の縞状応力付与膜21の材質は、非晶質シリコン(a-Si)であり、多結晶シリコン板をターゲットとするマグネトロン・スパッタ法によるa-Si膜形成と反応性イオンエッチング法によるa-Si膜微細加工との組合わせにより、光導波路1aを埋設しているクラッド層5上に縞状に形成したものである。a-Si膜の厚さは5μm、各縞の幅は

ザービーム照射により縞状応力付与膜の一部に変化や蒸発を引き起こして、これにより集積光デバイスの光路長を精密に調節することができる。応力付与膜が、光導波路コア部長手方向に平行な縞状であるため、光導波路の複屈折値をほとんど変化させることなく、光路長のみを調節できる。

【実施例】

以下、実施例によって本発明を詳細に説明する。

実施例1

第1図(a)および(b)は、本発明の集積光デバイスの第1実施例としてのマッハ・ツェンダ光干渉計回路の構成説明図であり、第1図(a)は平面図、第1図(b)は平面図における線分AA'に沿った断面を示す拡大断面図である。第6図に示した従来例との差異は、方向性結合器2a, 2bを連結する一方の光導波路1aのクラッド層上に縞状応力付与膜21が形成されている点である。この縞状応力

5μm、縞ピッチは10μm、応力付与膜21の全体幅は100μm、長さは10mmとした。

第2図は、a-Si応力付与膜の作用を調べるために石英ガラス板(0.7mm厚)22上にa-Si膜を形成したテストサンプル断面の応力分布説明図である。応力分布は光弾性効果を利用した測定より導いたものである。第2図(a)は、a-Si膜を上述のように縞状に形成した場合であり、各縞の断面寸法は、第1図に合わせて、高さ5μm、幅5μmであり、100μm幅の領域にわたって縞状a-Si膜21が形成されている。第2図(b)は、比較のために、100μm幅にわたって厚さ2.5μmの一樣a-Si膜25を形成したものである。第2図において、23は石英ガラス板中に引っ張り応力が発生している領域を示し、24は、逆に圧縮応力が発生している領域を示す。このような応力分布は、マグネトロン・スパッタ法で形成したa-Si膜中の強大な圧縮残留応力の存在により説明できるが、ここで特徴的なことは、縞状a-Si応力付与膜の場合(第2図(a))、一樣a-Si応力付与膜の場合(第2

図(b))に比べて、断面内で応力作用の及ぶ範囲が表面近傍に限定され、深さが浅い点である。この応力作用深さは、a-Si結核の程度、すなわちここでは $5\mu\text{m}$ 程度である。

第2図(a)の観察結果から、第1図(b)において、光導波路1aコア部の位置が結状応力付与膜21から $20\mu\text{m}$ 程度下部の深さにあると、結状応力付与膜21からコア部に作用する断面内方向の応力は極めて小さく、光導波路コア部の複屈折値に変化を与えないと結論される。結状応力付与膜21は、光導波路長手方向には十分長いので、光導波路長手方向の応力作用は表面近傍に留まらず、光導波路コア部の深さに及び、光導波路の光路長に光弾性効果原理による所望の変化を与え得ることになる。

これに対し、第2図(b)の観察結果によれば、一様応力付与膜25の場合には、断面内で応力作用の及ぶ深さは、一様応力付与膜25の幅、すなわち $100\mu\text{m}$ 程度にまでおよび、仮に一様応力付与膜下部 $20\mu\text{m}$ 程度の位置に光導波路コア部が配設さ

用は、両者ともほぼ同一であったことを指摘しておく。

以上、本発明で重要な役割を担う結状応力付与膜の構成・作用を説明したが、次に、この結状応力付与膜を利用してその下部の光路長を如何に微調節するかを説明する。

第3図は、結状応力付与膜21を設けた光導波路1aの光路長微調方法の説明図である。第3図において、31はアルゴン(Ar)レーザビームである。21bは、Arレーザビーム照射により、a-Siが局所的に加熱アニールされ多結晶Siに相変化した部分であり、この多結晶Si膜領域21aでは、a-Si膜に見られた致大な残留応力は解消されており、多結晶Si膜下部の光導波路1aに及ぼす応力作用も微弱となっている。すなわち、第3図に示した構成により、a-Si膜21をレーザトリミングすることにより、応力付与膜の応力作用を微調節し、ひいては光導波路1aの光路長を微調節できるのである。このレーザトリミングは、第1図において、例えば入射ポート3aにモニター光を入力し、集積光デバ

れていると、光導波路は一様応力付与膜から強い応力誘起複屈折作用を受け、光導波路複屈折値が変化(複屈折変化量は 10^{-4} のオーダー)してしまい、本発明の目的には合わないことになる。もちろん、一様応力付与膜構成でも光導波路長手方向の応力作用により光路長を変化させ得ることにかわりはないが、同時に、必要としない光導波路複屈折値変化を引き起こしてしまう点で不都合である。言い替えれば、本発明では、応力付与膜を光導波路長手方向に並行な結状とし、しかも、各結の幅を光導波路深さよりも小さく設定しておくことにより、導波路の長手方向にのみ選択的に作用する異方性の応力を発生させ、この異方性応力による光弾性効果により、光導波路の複屈折値を変化させることなく、光路長を変化させ得るのである。

なお、第2図(a)および(b)において、a-Si膜が占める断面積は、結状膜(第2(a))、一様膜(第2(b))の場合ともほとんど同一であり、このような場合は、導波路長手方向に関する応力作

イス(ここではマッハ・ツェンダ光干渉計回路)の光特性を監視しつつ、いわゆるオンラインモニターの手法で実行できるので、光導波路や結状応力付与膜製作上の誤差によらず、正確な光路長調節ができる特長がある。

実際、第3図の方法を第1図のマッハ・ツェンダ光干渉計回路に適用し、結状応力付与膜21をトリミングしたところ、第7図に示したのと同様の波長応答特性がトリミングの進行に伴い波長軸方向に移動し、例えば、 $\lambda_1=1.56\mu\text{m}$ 、 $\lambda_2=1.55\mu\text{m}$ となったところでトリミングを中止することで、所望の波長位置($1.56\mu\text{m}$ 、 $1.55\mu\text{m}$)に合分波器としての動作波長を正確に合わせることができた。光導波路や結状応力付与膜の製作誤差によりトリミング前の波長応答特性が、波長軸方向にサンプルごとにずれていても、トリミング後には、再現性よく所望の波長位置に動作波長を設定することが可能であった。

光路長の調節は通常1波長の範囲で十分であるが、本実施例の 10mm 長の結状応力付与膜の場合、

散波長相当の調節範囲があったことを付記する。

この光路長調節可能範囲は、 α -Si応力付与膜の膜厚とも関係し、 α -Si膜厚とほぼ比例関係にあったことも付記する。

実施例 2

第4図は、本発明の集積光デバイスの第2実施例としての光スイッチの構成を説明する図であり、第4図(a)は平面図、第4図(b)および(c)はそれぞれ第4図(a)の線分AA'およびBB'に沿っての断面拡大図である。シリコン基板1上に2本の石英系単一モード光導波路1aおよび1bが形成され、2箇所で50%方向性結合器をなしたマッハ・ツェンダ光干渉計回路構成を有している点は、実施例1と同様であるが、2個の方向性結合器を連結する2本の光導波路41aおよび41bの長さが方向性結合器2a, 2b間で同一、すなわち $\Delta L=0 \mu\text{m}$ に設計されている点が異なっている。また、光導波路41aおよび41bのクラッド層上には、それぞれ薄膜ヒータ42aおよび42b、縞状応

力付与膜43aおよび43bが形成されている。薄膜ヒータ42a, 42bはクロム金属膜を厚さ $0.3 \mu\text{m}$ 、幅 $50 \mu\text{m}$ 、長さ 5mm にわたって、真空蒸法により形成したもので、通電により光路長を可逆的に変化させる熱光学効果移相器として動作する。縞状応力付与膜43aおよび43bは、実施例1と類似の構造を有し、 α -Si製の各縞幅は $5 \mu\text{m}$ 、厚さも $5 \mu\text{m}$ 、全幅は $100 \mu\text{m}$ 、長さは 5mm である。

第5図(a)は、第4図の光干渉計回路(縞状応力付与膜トリミング前)の入射ポート3aに信号光Pinを入力し、薄膜ヒータ42aへの印加電力を増加させていった場合(薄膜ヒータ42bには通電無し)の、出射ポート3bおよび4bからの出力光Pout1およびPout2の変化を示した応答図である。印加電力の増加につれて出力光が得られるポートが、4bから3bに入れ替わり、第4図の構成で光スイッチ作用が達成できることがわかる。すなわち、必要が生じた時は 0.4W 程度の電力を薄膜ヒータ42aに印加すると、その下部の光導波路41aの光路長が半波長相当増加し、出射ポートが切り

替ることになる。ここで、光干渉計回路が真に対称形にできていれば、薄膜ヒータ電力=0の状態では、Pout1=0となり、望ましいが、実際には第5図(a)に見られるように、Pout1=0とするには、常に $P \neq 0$ の電力を印加しておく事情が往々にして生じてしまう。その理由は、製作上の誤差のため実質的に $\Delta L=0 \mu\text{m}$ となっておらず、サブミクロンオーダーの光路長差が、本来対称であるべき光干渉計回路に発生しているためである。

第5図(b)は、縞状応力付与膜43aおよび43bのいずれかをレーザートリミングして得た完全に対称な光干渉計回路の応答特性を示す。第5図(a)の場合と異なり、ヒータ電力=0の状態ではPout1=0となっており、望ましい光スイッチ特性が達成されている。

以上のように本実施例でも縞状応力付与膜のトリミングにより望ましい光スイッチ特性が実現できた。

なお、仮に、縞状応力付与膜ではなく、一様応力付与膜を用いて同様のトリミング操作を行った

場合には、光路長のみならず光導波路複屈折値も変化してしまい、光干渉計回路に入力偏波依存性が生じ、光スイッチとしての応用上不都合であったことを付記しておく。

以上の実施例では、縞状応力付与膜は、直線状の光導波路上に設置されていたが、事情によっては曲線状光導波路上に設置しなければならないこともある。このような場合には、縞状応力付与膜の方も曲線光導波路に沿って曲率を持たせて形成しておけば本発明の目的を達成できる。

また、上記実施例では、縞状応力付与膜のトリミング手段として、連続発振アルゴンレーザーを用いたが、QスイッチYAGレーザーを用いてもよい。後者の場合には、レーザー光の照射領域 α -Si膜は、多結晶状態に変化するのではなく、気化してしまう現象が見られた。気化により消失してしまえば、その領域の応力作用も選択的に消失するので、QスイッチYAGレーザーをトリミングの手段として有効に利用できるのである。

さらに、以上の実施例で綫状応力付与膜21の材質としては、 α -Siを選定したが、本発明はこれに限定されるものではなく、他の材料、例えば、非晶質金属膜(Co-Zr膜など)を利用することもできる。非晶質膜の方が、結晶質膜よりも適しているが、これは、非晶質膜では、結晶転移などが発生しにくく応力が緩和されることなく長期間にわたって安定に維持されるためである。なお、綫状応力付与膜材料選定上、留意すべき重要な点として、綫状パターンを形成するために、その材料自体の微細加工性が優れていなければならないことを挙げることができる。このような観点からすると、LSI技術分野で確立されているSi微細加工技術を適用できる α -Si材料は、良い選択ということができる。

また、上記実施例では、単一モード光導波路として、シリコン基板上の石英系単一モード光導波路を扱ったが、本発明はこれに限定されるものではなく、クラッド層にコア部が埋設されている単一モード光導波路であれば、他材料系の光導波路

複屈折値も、光路長と同時に微調節したい場合には、綫状応力付与膜と一様応力付与膜を適宜組合わせて光導波路上に設置すればよいことを付記する。

【発明の効果】

以上説明したように、本発明では、光導波路のクラッド層上に、トリミングにより応力状態を変化させる応力付与膜を光導波路長手方向に平行な複数細線からなる綫状に設けて集積光デバイスを作成しておくことにより、光導波路の複屈折値を変化させることなく、光導波路の光路長を正確に制御することができる。トリミングは、デバイスに信号光を入力させて出力光をモニタしつつ実行できるので、光導波路形成上の製作誤差にかかわらず、光路長を微調節し、デバイスに所望の特性を付与することができる。光路長の正確な設定は、光波をマイクロ波のように扱うコヒーレント光通信用集積光デバイスの実現に特に大きな役割を果たすと期待される。

であっても本発明を適用することができる。なお、多成分ガラス基板上に金属イオン拡散技術により作製されるイオン拡散導波路の場合には、コア部が基板表面近傍にあり、綫状応力付与膜との距離を十分にとれない事情がある。このような場合には、綫状応力付与膜形成に先立ち、コア部が作製された基板表面に例えば $10\mu\text{m}$ 厚程度の SiO_2 膜を蒸着し、その上に綫状応力付与膜を形成し、コア部の埋め込み深さを等価的に大きくし、各綫の幅をコア部埋め込み深さよりも小さく設定することが可能である。

本明細書では、集積光デバイス例としてマッハ・ツェンダ形光干渉計回路をとりあげ、本発明の詳細を説明したが、本発明はこの光干渉計回路に限定されるものではなく、他の集積光デバイス構成、例えば、光リング共振回路、ファブリペロ光共振回路等の、光路長の微調節が必要な単一モード集積光デバイスの広い分野にわたって適用できることは言うまでもない。

最後に、集積光デバイスを構成する光導波路の

4. 図面の簡単な説明

第1図(a)および(b)は本発明集積光デバイスの第1実施例のそれぞれ平面図および線分AA'に沿った拡大断面図、

第2図は本発明における綫状応力付与膜の作用を説明するための断面図、

第3図は本発明における綫状応力付与膜のレーザートリミング工程を説明するための斜視図、

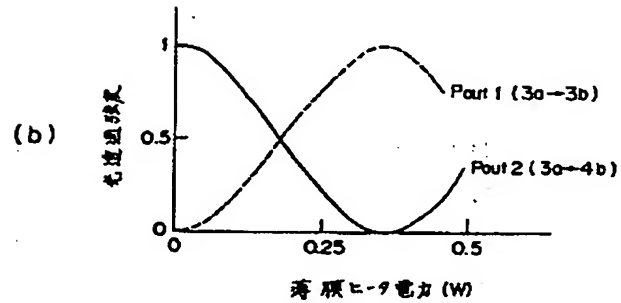
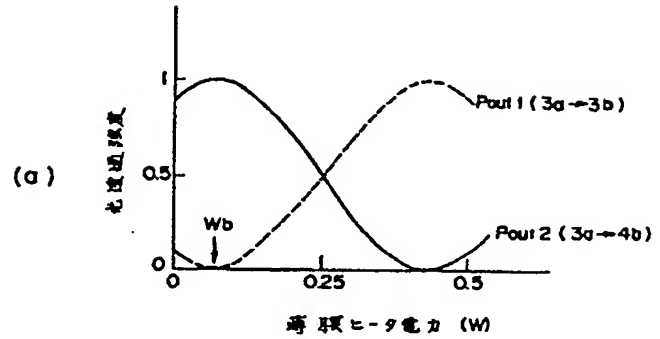
第4図(a)、(b)および(c)は本発明集積光デバイスの第2実施例のそれぞれ平面図および線分AA'およびBB'に沿った拡大断面図、

第5図(a)および(b)は第4図に示した第2実施例デバイスの特性図であり、(a)はトリミング前、(b)はトリミング後の特性図、

第6図(a)および(b)は従来の集積光デバイス例のそれぞれ平面図および線分AA'に沿った拡大断面図、

第7図は第6図に示した従来の集積光デバイスの特性図である。

- 1—基板、
- 1a, 1b—光導波路、
- 2a, 2b—方向性結合器、
- 3a, 4a—入射ポート、
- 3b, 4b—出射ポート、
- 5—クラッド層、
- 21—綫状応力付与膜、
- 21b—トリミング実施領域、
- 22—石英ガラス板、
- 23—引張り応力発生領域、
- 24—圧縮応力発生領域、
- 25—一様応力付与膜、
- 31—トリミング用レーザビーム、
- 41a, 41b—光導波路、
- 42a, 42b—薄膜ヒータ、
- 43a, 43b—綫状応力付与膜。

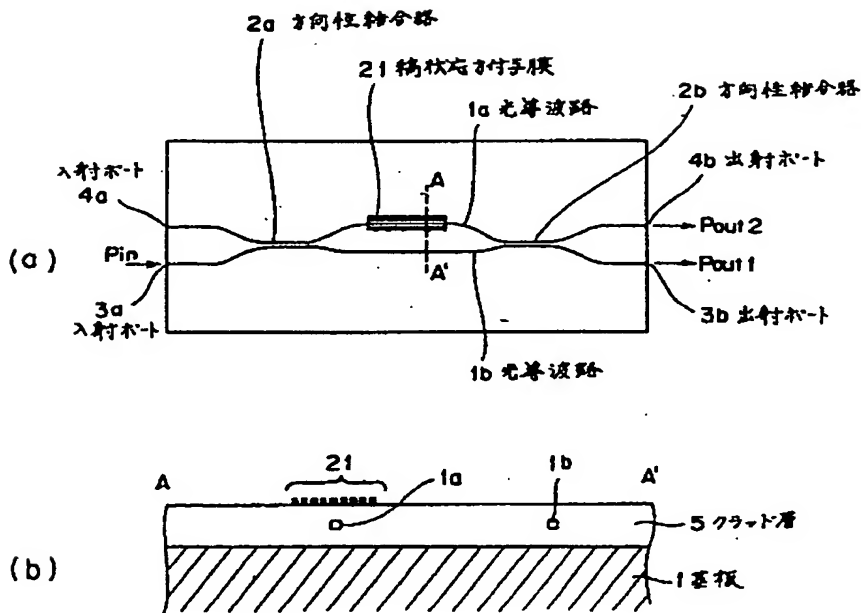


特許出願人 日本電信電話株式会社

代理人 弁理士 谷 義 一

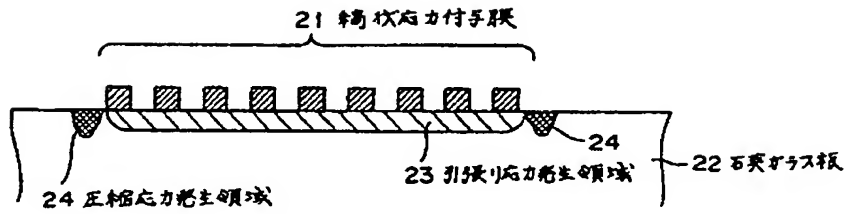
第2実施例の特性図

第 5 図

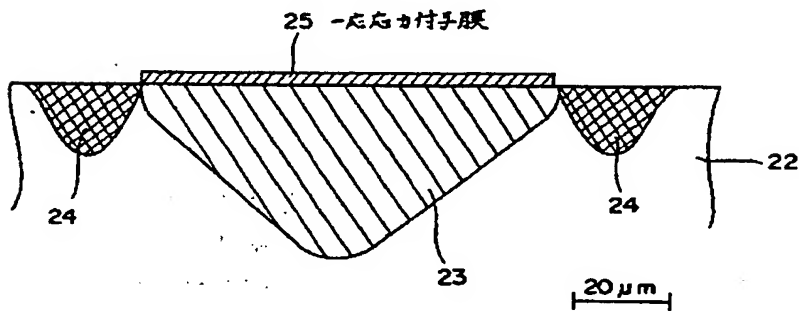


本発明の第1実施例の平面図および拡大断面図

第 1 図

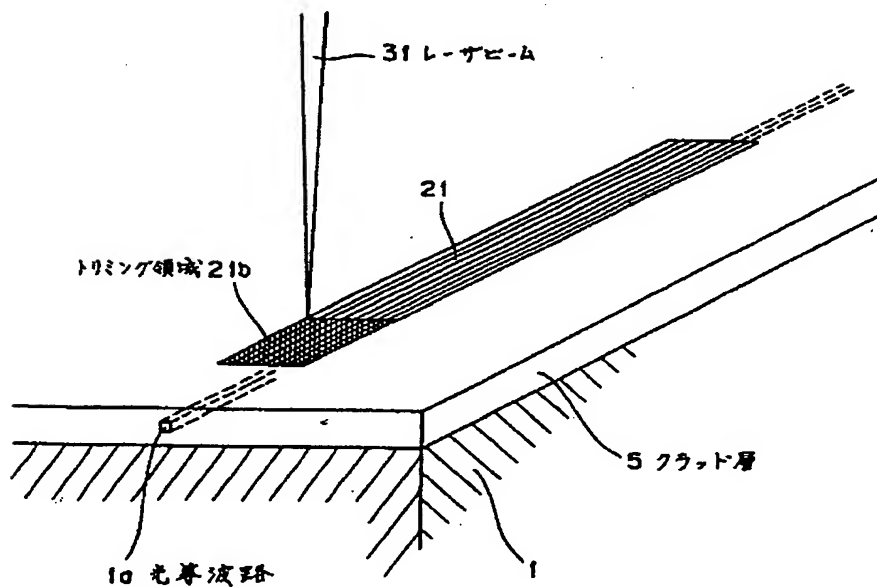


(a)

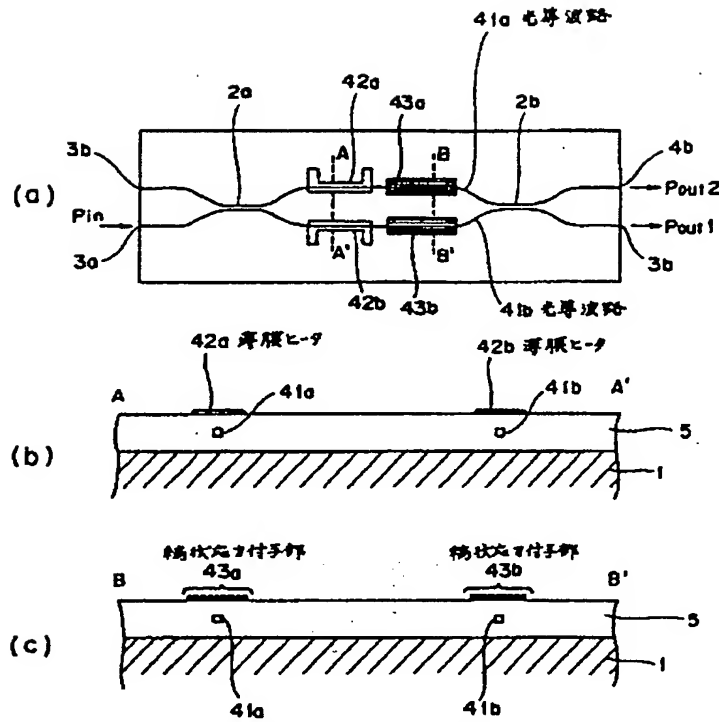


(b)

矯状応力付手膜の作用を説明するための断面図
第 2 図

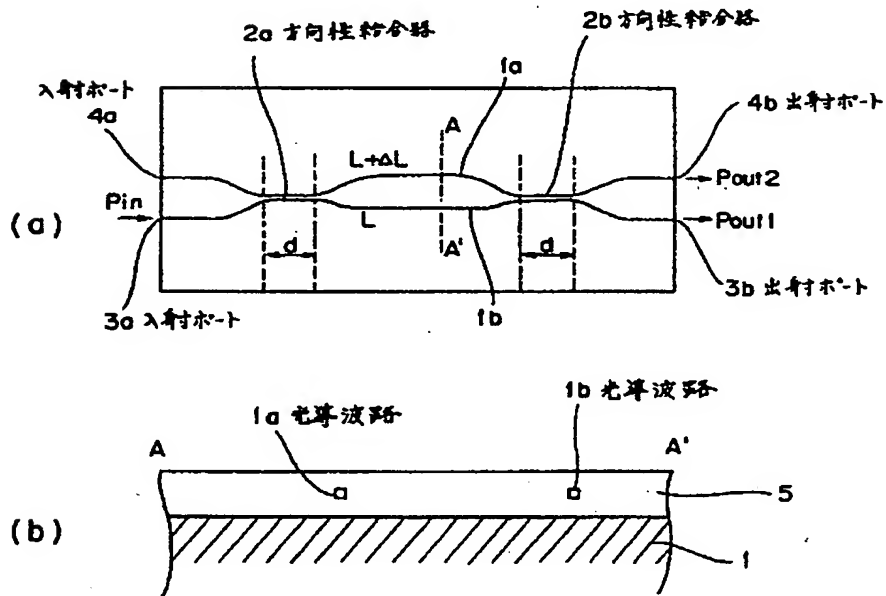


トリミング工程を説明するための斜視図
第 3 図



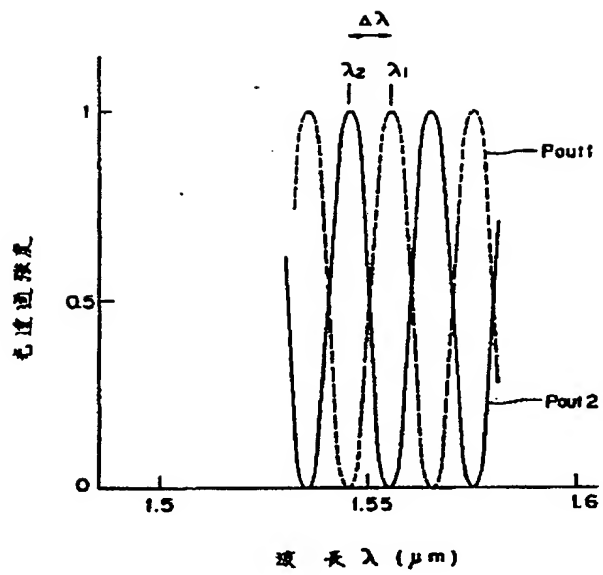
本発明の第2実施例の平面図および拡大断面図

第4図



従来の光集積デバイスの平面図および拡大断面図

第6図



従来の光集積デバイスの特徴図
第 7 図